

А.А.ФАУЛЬ, аспирант, *alixandelli@mail.ru*

Санкт-Петербургский государственный горный институт (технический университет)

A.A.FAUL, post-graduate student, *alixandelli@mail.ru*

Saint Petersburg State Mining Institute (Technical University)

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ КОМПЛЕКСОВ КАРЬЕРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

При определении высоты уступов принимают во внимание многие конкретные особенности и факторы: условия залегания и свойства вынимаемых горных пород; необходимую интенсивность отработки месторождения; календарный план вскрышных работ; требуемое качество выдаваемого из карьера полезного ископаемого; параметры буровзрывных работ; условия работы экскаваторов и условия транспортирования пород. Основным условием правильно выбранной высоты уступа является его устойчивость в процессе работы карьера, обеспечивающая безопасность ведения горных работ.

Ключевые слова: высота уступа, экономическая эффективность, комплекс карьерного оборудования.

INCREASE OF EFFICIENCY PERFORMANCE OF COMPLEXES OPEN-CUT EQUIPMENT

At definition of benches height many features and factors are taken into consideration: conditions of burial and property of taken out rocks; necessary intensity of mining work; the planned schedule of strippings; demanded quality given out, from mineral opencast; parametres of drilling-and-blastings; working conditions of excavators and a condition of transportation of ore. The basic condition of correctly chosen bench height is its stability in the course of operation the opencast mine providing safety of conducting of mining operations.

Key words: bench height, economic efficiency, complex of open-cut equipment.

Основным условием правильно выбранной высоты уступа является его устойчивость в процессе работы карьера, обеспечивающая безопасность ведения горных работ.

Условия эффективной работы экскаваторов являются одним из факторов, влияющих на высоту уступа. Прежде всего, высота уступа должна обеспечивать наполнение ковшей экскаваторов. Максимальная высота уступа в нескальных породах ограничивается условием безопасности работы экскаватора от падающих кусков породы. В соответствии с Едиными правилами безопасности при разработке месторождений полезных ископаемых открытым способом (ПБ 03-498-02), рекомендуется принимать высоту уступа не больше высоты черпания

экскаватора. Выбор модели экскаватора для ведения добычных и вскрышных работ осуществляется с учетом физико-механических свойств горных пород, заданной высоты уступа и установленной высоты развала.

При определении высоты уступов принимают во внимание многие конкретные особенности и факторы: условия залегания и свойства вынимаемых горных пород; необходимую интенсивность отработки месторождения; календарный план вскрышных работ; требуемое качество выдаваемого из карьера полезного ископаемого; параметры буровзрывных работ; условия работы экскаваторов и условия транспортирования пород.

Углы откоса рабочих уступов в процессе эксплуатации карьера зависят от характера пород, принятых способов обработки уступов и параметров буровзрывных работ. Учитывается также возможность работы экскаваторов с углами откосов рабочего уступа, соответствующими траектории движения ковша. Высота уступов, определенная по условиям устойчивости, в подавляющем большинстве случаев получается большей, чем это необходимо исходя из других факторов.

При установлении высоты и отметок уступов важно учитывать условия залегания горных пород. Желательно, чтобы уступ был сложен однородными горными породами, и в добычном уступе было как можно меньше пустых пород, а во вскрышном – полезного ископаемого. Отметки кровли и подошвы уступов по возможности должны совпадать с контактами различных пород. Должна также учитываться возможность их селективной выемки. Мощность наносов, покрывающих полезную толщу, определяет как высоту, так и отметки верхних уступов. Мощность горизонтально залегающего пласта угля учитывается при установлении высоты добычных уступов. Ошибки в определении отметки подошвы уступов оказывают негативное воздействие на работу карьера.

Высота уступа существенно влияет на скорость подвигания экскаваторных забоев, фронта работ и на сроки вскрытия и подготовки новых горизонтов.

Скорость подвигания заходки и рабочего фронта уступа соответственно

$$V_3 = \frac{Q}{hA} \text{ и } V_\Phi = \frac{12Q}{hL},$$

где Q – эксплуатационная производительность экскаватора, м³/мес.; h – высота уступа, м; A – ширина заходки экскаватора, м; L – длина фронта работ на добычном горизонте, м.

Следовательно, с увеличением высоты уступа уменьшается скорость подвигания фронта работ.

Объем работ по вскрытию и подготовке горизонта пропорционален соответственно кубу и квадрату высоты уступа. Значит, при увеличении высоты уступа значительно воз-

растает объем траншейных работ и, следовательно, увеличиваются сроки подготовки новых горизонтов. С другой стороны, достижимая скорость углубки карьера определяется механизацией и организацией горных работ при вскрытии и подготовке новых горизонтов. Высота уступов существенно влияет на скорость углубки карьера. При уменьшении высоты уступов с 20 до 10 м, т.е. в 2 раза, достижимая скорость углубки увеличивается в 1,5 раза.

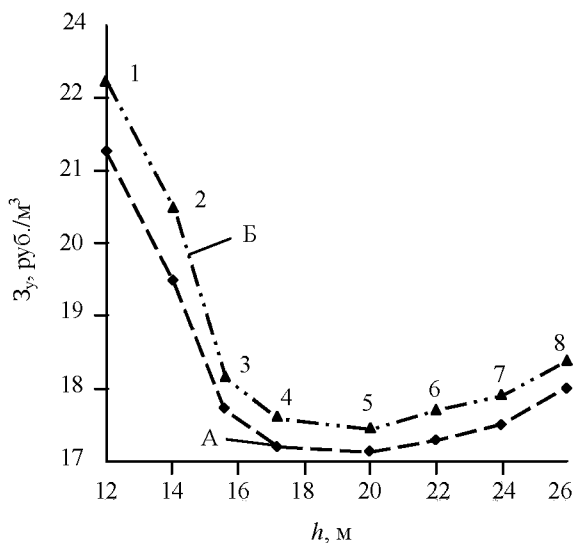
Для сокращения капитальных вложений и срока их окупаемости важно уменьшить период строительства карьера и сроки освоения производственной мощности. Поэтому целесообразно высоту верхних уступов принимать небольшой, что обеспечит более интенсивное развитие работ в первый период эксплуатации, а ниже, когда карьер перейдет к нормальной работе, высота уступов может быть увеличена.

При установлении высоты уступов в карьерах необходимо иметь в виду, что она влияет на годовые объемы вскрышных работ и текущий коэффициент вскрыши: с уменьшением высоты уступов увеличивается коэффициент вскрыши.

В зависимости от высоты уступов изменяются объемы теряемой руды и примешиваемой пустой породы. Потери и разубоживание прямо пропорциональны высоте уступов, и если известны допустимые уровни потерь и разубоживания, то есть возможность правильно выбрать высоту уступов.

Между высотой уступа и параметрами буровзрывных работ существует тесная взаимосвязь. С увеличением высоты уступа (при применении вертикальных скважин и угла откоса уступа меньше 90°) возрастает сопротивление по подошве. Метод наклонных скважин, параллельных откосу рабочего уступа, позволяет резко увеличить высоту уступа без изменения диаметра скважин. От параметров буровзрывных работ и высоты уступа зависят размеры развала породы после взрыва и выход негабаритных кусков. Эти показатели значительно влияют на эффективность работы экскаваторов.

При черпании горных пород из развала взорванной горной массы высота развала



Зависимость удельных затрат на экскавацию (Z_y) от высоты уступа (h) для различных типоразмеров экскаваторов и емкости ковша E :

Точка	1	2	3	4	5	6	7	8
$E, \text{ м}^3$	2	2,5	5	8	10	12	14	20

А – автомобильный транспорт; Б – железнодорожный транспорт

(H_p) должна быть увязана с высотой черпания экскаватора (H_{\max})*.

Высота развала должна отвечать условиям

$$\frac{2}{3}H_{\text{н.в}} \leq H_p \leq 1,15H_{\max},$$

где $H_{\text{н.в}}$ – высота расположения напорного вала экскаватора, м; H_{\max} – максимальная высота черпания экскаватора, м.

Высота расположения напорного вала экскаватора

$$H_{\text{н.в}} = 0,56H_{\max}.$$

При разработке горных пород открытым способом применяется многорядное короткозамедленное взрывание (КЗВ). При КЗВ в зависимости от количества рядов скважин, схемы инициирования взрывной сети и условий взрывания высота развала взорванных пород $H_p = (0,7 \div 1,2)h$. Высота

* Арсентьев А.И. Проектирование горных работ при открытой разработке месторождений / А.И.Арсентьев, Г.А.Холодныяков. М.: Недра, 1994. 496 с.

Arsentev A.I., Kholodnyakov G.A. Design of mining in opencast. Moscow: Nedra, 1994. 496 p.

развала может превышать высоту уступа при производстве взрывных работ в зажатой среде (с подпорной стенкой), специальных схемах инициирования зарядов взрывчатых веществ (врубовой, порядной и др.), взрывах на выброс, каскадном взрывании смежных по высоте блоков и др.

Ширина экскаваторной заходки

$$A = (1,5 \div 1,7)R_y,$$

где R_y – радиус черпания экскаватора на уровне стояния, м.

Ширина развала породы после взрыва B , для обеспечения наилучшего использования экскаватора, должна содержать целое число заходов A экскаватора, т.е.

$$B = nA,$$

где n – число заходов, n равно 1; 2 или 3.

При $A = 1,5R_y$

$$B = 1,5R_y \frac{n}{C},$$

где C – коэффициент, учитывающий ширину развала, $C = 1,0 \div 3,0$.

Ширина развала (от линии первого ряда скважин)

$$B_p = 5q\sqrt{Wh},$$

где q – удельный расход ВВ; кг/м³; W – линия сопротивления по подошве, м; h – высота уступа, м.

С увеличением высоты уступов себестоимость экскавации снижается до $h = 15$ м, затем стабилизируется, а начиная с 20 м – повышается (см. рисунок). Применительно к одному типу экскаваторов с увеличением высоты уступа себестоимость экскавации снижается.

С точки зрения наилучшей организации транспорта в карьере целесообразнее принимать уступы большей высоты. При этом сокращается число горизонтов и уменьшается объем путевых работ. Только в случае коротких карьеров высота уступа ограничивается возможной длиной наклонных съездов. Для всех рассмотренных карьеров с увеличением высоты уступов себестоимость транспортирования снижается. В настоящее время на большинстве карьеров принята высота уступа 12-15 м для экскаваторов с ков-

шами емкостью 5-10 м³. В последнее время на ряде крупных карьеров высота уступов достигла 17 м для экскаваторов с ковшами емкостью 10 м³ и более.

Таким образом, при проектировании процессов открытых горных работ и выборе выемочно-погрузочного оборудования допустимо превышение 20 % от высоты развала над высотой черпания экскаватора (без разработки специальных мер по понижению высоты развала), т.е. высота черпания может быть ниже высоты забоя максимум в 1,2 раза. Длительный опыт эксплуатации экскаваторов ЭКГ-8И и ЭКГ-10 с высотой черпания соответственно 13,1 и 13,5 м на карьерах, имеющих высоту рабочих уступов 15 м, свидетельствует о их соответствии горно-техническим условиям разработки.

Рассмотрение основных факторов, влияющих на высоту уступов, показало, что их влияние противоречиво. Для повышения экономической эффективности технологических процессов следует стремиться к увеличению высоты уступов.

Основным видом технологического транспорта при добыче полезных ископаемых открытым способом остается автомобильный. Он используется для перевозки примерно 80 % горной массы во всем мире. В настоящее время доля ПО «БелАЗ» на рынке карьерных автосамосвалов РФ и СНГ составляет порядка 80 %. Парк большегрузных автосамосвалов на карьерах РФ и СНГ представлен в таблице.

В настоящее время «БелАЗ» прекратил выпуск автосамосвалов грузоподъемностью 90, 110, 120 и 170 т и выпускает главным образом большегрузные автосамосвалы трех типоразмеров – 136, 220 и 320 т.

Проведенные исследования показывают, что рациональным соотношением между

емкостью транспортного сосуда и вместимостью ковша экскаватора является $N = 3 \div 6$ (где N – количество ковшей горной породы, загружаемых в транспортный сосуд).

**Парк большегрузных автосамосвалов
в количественном и процентном выражении
на карьерах РФ**

Отрасль	Грузоподъемность, т		
	110-140	150-170	180-220
Черная металлургия	465 / 96 %	21 / 4 %	–
Цветная металлургия	142 / 72 %	56 / 28 %	–
Угледобывающая	358 / 72 %	–	139 / 28 %
Нерудное сырье	163 / 100 %	–	–

Экскаваторы ЭКГ имеют завышенные размеры: высоту черпания (16,2-19 м против 15,5-16,4 м), радиус черпания (22,2-26 м против 18,9-24,8 м), высоту разгрузки (10,7-11,8 м против 8,8-10,0 м), – по сравнению с зарубежными аналогами.

Анализ современного опыта эксплуатации карьерных экскаваторов, параметров карьеров, технологических и транспортных потребностей позволяет выделить три наиболее востребованных класса грузоподъемности и параметры экскаваторов типа механическая лопата для горной промышленности РФ:

Класс грузоподъемности, т	136	220	320
Объем ковша, м ³	18-20	30-35	45-50
Рабочая масса, т	< 700	< 1000	< 1300

Примечание. Высота черпания < 16,5 м; высота разгрузки < 10 м.

Таким образом, автомобильный транспорт как транспорт рабочей зоны карьера в наибольшей степени подвержен воздействию усложняющихся с глубиной горно-технических условий разработки.

Научный руководитель д-р техн. наук, профессор *С.И. Фомин*